

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R)File 352:Derwent WPI

(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

008369188 **Image available**

WPI Acc No: 1990-256189/199034

XRPX Acc No: N90-198541

**Ophthalmological laser for treatment of ametropia - includes waveguide or
parallelepiped cross-section of pyrimidal frustum to provide even distn.
of laser emission**

Patent Assignee: EYE MICROSURGERY RES TECH COMPLEX (EYEM-R); EYE

MICROSURGERY (EYEM-R); EYE MICROSURGERY RES TECH INST (EYEM-R)

Inventor: BEILIN E N; FEDOROV S N; IVASHINA A I; LECHTSIER E N; LINNIK L F;

ORLOV M J; SEMENOV A D; SKVORTSOV I A; TJURIN V S; LEKHTSIER E N

Number of Countries: 005 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
GB 2228344	A	19900822	GB 903449	A	19900215	199034 B
DE 4004423	A	19900830	DE 4004423	A	19900213	199036
FR 2643258	A	19900824				199041
CN 1045227	A	19900912				199121
IT 1238825	B	19930903	IT 9041529	A	19900216	199408
DE 4004423	C2	19980514	DE 4004423	A	19900213	199823

Priority Applications (No Type Date): SU 4647694 A 19890217; SU 4647693 A
19890217

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
GB 2228344	A		19		
DE 4004423	C2			9 A61F-009/00	
IT 1238825	B			A61B-000/00	

Abstract (Basic): GB 2228344 A

The laser comprises the following components arranged on a common optical axis; a pulsed laser (1), a unit (3) for uniform distribution of laser radiation energy density over the beam cross-sectional area, a shaper (6) of required distribution of laser radiation energy density

over the beam cross-sectional area, and a projecting lens (7).

The unit for uniform distribution of radiation energy density is a rectangular cross-section waveguide (5), pref. shaped as a parallelepiped, in which case a lens may be placed along the pathway of laser radiation, or it may also be shaped as a pyramid frustum. The device may include a vibrator (9).

ADVANTAGE - Uses all laser energy. Enhances accuracy and shortens operating time.

Dwg.1/7

Title Terms: OPHTHALMIC; LASER; TREAT; AMETROPIA; WAVEGUIDE;
PARALLELEPIPED

; CROSS-SECTION; FRUSTO; EVEN; DISTIL; LASER; EMIT

Derwent Class: P31; P32; P81; S05; V07; V08

International Patent Class (Main): A61B-000/00; A61F-009/00

International Patent Class (Additional): A61B-017/36; A61N-005/06;

G02B-006/00; G02B-027/00

File Segment: EPI; EngPI

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 4004423 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 40 04 423.8
㉑ Anmeldetag: 13. 2. 90
㉒ Offenlegungstag: 30. 8. 90

㉓ Int. Cl. 5:
A61 F 9/00
G 02 B 6/00
G 02 B 27/00
A 61 B 17/36

DE 4004423 A1

㉔ Unionspriorität: ㉕ ㉖ ㉗
17.02.89 SU 4647693 17.02.89 SU 4647694

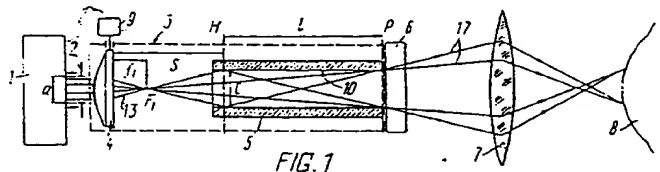
㉘ Anmelder:
Mežotraslevoj naučno-techničeskij kompleks
»Mikrochirurgija Glaza«, Moskau/Moskva, SU

㉙ Vertreter:
Nix, F., Dipl.-Ing. Dr.jur., Pat.-Anw., 6200 Wiesbaden

㉚ Erfinder:
Fedorov, Svyatoslav Nikolaevič; Ivsžina, Albina
Ivanovna; Linnik, Leonid Feodosievich; Semenov,
Aleksandr Dmitrievich; Tjurin, Vladimir Stepanovič;
Orlov, Michail Jurievich; Beilin, Efim Natanovič;
Lechtsier, Evgenij Naumovič, Moskau/Moskva, SU;
Skvortsov, Igor Anatolievich, Leningrad, SU

㉛ Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie

Die vorliegende Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie hat, hintereinander auf einer optischen Achse angeordnet, einen Impulslaserstrahler (1), eine Ausgleichseinheit (3) zum Ausgleichen der Verteilung der Strahlungsenergiedichte des Laserstrahlers über den Querschnitt seines Strahlenbündels, einen Former (6) der gewünschten Verteilung der Strahlungsenergiedichte des Laserstrahlers über den Querschnitt des Strahlenbündels und eine Projektionslinse (7). Die Ausgleichseinheit (3) ist in Form eines Lichtleiters (5) mit Rechteckquerschnitt ausgeführt. Dieser kann die Form eines Parallelepipedes aufweisen, vor dem im Wege der Laserstrahlung eine Zusatzlinse (4) angeordnet ist. Der Lichtleiter kann auch in Form eines rechteckigen Pyramidenstumpfes ausgeführt sein.



DE 4004423 A1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Ophthalmologie, insbesondere auf eine Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie.

5 In der letzten Zeit finden in der Weltophthalmochirurgie Laserverfahren zur Korrektur der Anomalien der Augenrefraktion durch Bestrahlung mit Ultraviolettexcimerlasern immer mehr Verwendung. Das wichtigste Problem bei der Entwicklung der zu diesem Zweck verwendeten ophthalmologischen Lasereinrichtungen besteht in der Zusammenstellung des nötigen Profils der Eingriffsverteilung an der Hornhaut des Auges, zu welchem Zweck die vom Laser ausgesandte Strahlung eine glatte, symmetrische Verteilung der Energiedichte über den Querschnitt des Strahlenbündels, bevorzugt eine rechteckige, gleichmäßige Strahlungsverteilung aufweisen muß. Die Verteilung der Energiedichte von Excimerlasern ist jedoch nicht von dieser Qualität, so daß das Problem, eine ungleichmäßige und unsymmetrische Verteilung der Strahlung aus dem Laser in eine gleichmäßige und symmetrische zu verformen, besonders wichtig ist.

Bekannt ist eine Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie mit, auf einer optischen Achse hintereinander angeordnet, einem Impulslaserstrahler des Ultraviolettbereiches, einer Ausgleichseinheit zum Ausgleichen der Energiedichteverteilung der Laserstrahlung über den Querschnitt des Strahlenbündels, einem Former der für die anstehende Operation erforderlichen Verteilung der Strahlungsenergiedichte und einer Projektionslinse (s. SPIE, Vol. 908, Laser interaction with Tissue, 1988, P. R. Joder et al. "Beane delivery system for UV laser ablation of the cornea", p. 77—82).

20 In dieser Einrichtung ist die Ausgleichseinheit der Verteilung der Energiedichte der Laserstrahlung in Form eines nach seiner Einwirkung dem in der Optik bekannten Dove-Prisma ähnlichen, drehenden Spiegelsystems ausgeführt. Der Ausgleich in der Verteilung der Energiedichte über den Querschnitt des Laserstrahlenbündels wird in diesem Spiegelsystem durch Drehung des Strahlenbündels als ein Ganzes um die optische Achse herum erreicht. Bei diesem Vorgang bleibt die Ungleichmäßigkeit in jedem einzelnen Strahlungsimpuls erhalten, während der Ausgleich in der Zeit infolge einer Mittelung innerhalb der ganzen Reihe der aufeinanderfolgenden Strahlungsimpulse erfolgt. Dieser Ausgleich mit Hilfe des bekannten Spiegelsystems ist nur bei den Laserstrahlern wirkungsvoll, bei denen die Verteilung der Energiedichte über den Bündelquerschnitt glatt und monoton ist. Falls aber starke Zacken in der Verteilung auftreten, die bei den realen Laserstrahlern praktisch immer vorhanden sind, kann der Ausgleich der Energiedichteverteilung nur durch Ausschnitt eines Strahlenbündelteils erreicht werden, in dem die Energie sich flüssig und monoton verteilt. Dies aber bringt große Verluste an Strahlungsenergie, eine Erniedrigung der Genauigkeit und eine Verlängerung der Zeitdauer der Durchführung der Operation mit sich.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie mit derart aufgebauter Ausgleichseinheit zum Ausgleichen der Dichteverteilung der Strahlungsenergie eines Laserstrahlers über den Querschnitt seines Strahlenbündels zu entwickeln, welches es ermöglicht, die Energiedichteverteilung über den Bündelquerschnitt in jedem Strahlungsimpuls bei einer willkürlichen Energieverteilung im aus dem Laser austretenden Strahlenbündel auszugleichen.

Das Wesen der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß in der Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie mit, auf einer optischen Achse hintereinander angeordnet, einem Impulslaserstrahler des Ultraviolettbereiches, einer Ausgleichseinheit zum Ausgleichen der Dichteverteilung der Strahlungsenergie des jeweiligen Laserstrahlers über den Querschnitt seines Strahlenbündels, einem Former der erforderlichen Verteilung der Strahlungsenergiedichte des Laserstrahlers über den Querschnitt des Strahlenbündels und einer Projektionslinse, erfindungsgemäß die Ausgleichseinheit zum Ausgleichen der Energiedichteverteilung als ein Lichtleiter mit Rechteckquerschnitt ausgeführt ist. Der Lichtleiter kann in Form eines Parallelepipedes mit 45 Quadratquerschnitt ausgeführt werden, wobei vor diesem im Wege der Laserstrahlung eine Zusatzlinse anzuordnen ist.

Vorteilhafterweise ist die Zusatzlinse unter Ermöglichung von Schwingungen in der zu optischen Achse senkrechten Ebene anzuordnen.

Darüber hinaus kann der Lichtleiter auch in Form eines Pyramidenstumpfes ausgeführt werden, dessen 50 größere Grundfläche dem Laserstrahl zugekehrt ist.

Bei dieser Ausbildung ist es vorteilhaft, die Pyramide unter Ermöglichung von Schwingungen um den geometrischen Mittelpunkt ihrer kleineren Grundfläche in zwei zueinander und zur optischen Achse senkrechten Richtungen anzuordnen.

Die erfindungsgemäße Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie ermöglicht bei praktisch 55 vollkommener Ausnutzung der Laserstrahlungsenergie und einer willkürlichen Verteilung der Strahlungsenergiedichte am Austritt aus dem Laser die Genauigkeit der Operation wesentlich zu steigern und die Zeitdauer ihrer Durchführung mindestens auf die Hälfte zu verkürzen.

Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Einrichtung in ihrem Aufbau einfacher als die bekannte Einrichtung gleicher Zweckbestimmung.

60 Nachstehend wird die vorliegende Erfindung durch die Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der angelegten Zeichnungen näher erläutert; es zeigt:

Fig. 1 erfindungsgemäße Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie in ihrer Ausführungsvariante mit dem Lichtleiter in Form eines Parallelepipedes, Seitenansicht in schematischer Darstellung;

Fig. 2 die Einrichtung in Draufsicht;

65 Fig. 3 eine Einrichtung in der Ausführungsvariante mit dem Lichtleiter in Form eines Pyramidenstumpfes, Seitenansicht;

Fig. 4 diese Einrichtung in Draufsicht;

Fig. 5 Veranschaulichung der Einteilung des Strahlenbündels aus dem Laserstrahler in dem Lichtleiter in

einzelne Strahlzonen;

Fig. 6 Verteilungslinie der Energiedichte E (Ordinatenachse) der Laserstrahlung in Richtung X (Abszissenachse) der Achse des Strahlenbündels senkrecht am Austritt aus dem Laserstrahler;

Fig. 7 die Verteilung am Austritt aus dem Lichtleiter.

In der in Fig. 1, 2 wiedergegebenen Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie sind hintereinander auf einer optischen Achse angeordnet ein Impulslaserstrahler 1 des Ultraviolettbereiches, eine Blende 2 mit Rechteckquerschnitt, eine Ausgleichseinheit 3 zum Ausgleichen der Verteilung der Energiedichte des Laserstrahlers 1 über den Querschnitt seines Strahlenbündels, die aus einer in Strahlungsrichtung des Laserstrahlers 1 hinter der Blende 2 angeordneten Zusatzlinse 4 und in Reihenfolge hinter dieser eingebautem Lichtleiter 5 eines Rechteckquerschnitts besteht, einen Former 6 der vorausbestimmten Verteilung der Energiedichte über den Querschnitt des Strahlenbündels und eine Projektionslinse 7, die die Laserstrahlung gegen die Hornhaut 8 des Auges des Patienten leitet.

Die erwähnte Zusatzlinse kann in einer zur optischen Achse rechtwinkligen Ebene in zwei zueinander rechtwinkligen Richtungen unabhängige Schwingungen ausführen, wozu ihre Einfassung mit dem Antriebsglied eines Vibrationserzeugers 9 verbunden ist.

Die Zusatzlinse 4 weist unterschiedliche Brennweiten f_1, f_2 in der Meridional- und Sagittalebene auf, welchen die Brennpunkte F_1 bzw. F_2 in den Zeichnungen entsprechen, während ihre gekrümmten Oberflächen einander kreuzende Zylinder bilden.

In der betreffenden Ausführungsvariante stellt der Lichtleiter 5 ein hohles Parallelepiped mit Quadratquerschnitt dar, dessen Innenflächen 10 der Wandung mit einem reflektierenden Spiegelüberzug bedeckt ist.

Als Former 6 der Energiedichteverteilung kann eine runde Blende mit veränderlicher Öffnung oder eine drehende Scheibe mit einer vorausberechnete Gestalt aufweisenden Schlitz oder eine Zelle mit über den Querschnitt veränderlicher Strahlungsabsorption verwendet werden.

Die Projektionslinse 7 erzeugt eine Abbildung des Austrittsstirnes des Lichtleiters 5 in der Ebene P auf der Hornhaut 8 des Auges.

In der in Fig. 3 und 4 wiedergegebenen Ausführungsvariante der Einrichtung stellt die Ausgleichseinheit 3' zum Ausgleichen der Verteilung der Energiedichte der Laserstrahlung zum Unterschied von der bereits beschriebenen Ausführungsvariante einen Lichtleiter 11 dar, der als ein mit seiner größeren Grundfläche dem Laserstrahler 1 zugekehrter Pyramidenstumpf ausgeführt ist. Dieser Pyramidenstumpf ist unter Ermöglichung von Schwingungen um den geometrischen Mittelpunkt "O" der kleineren Grundfläche herum in zwei einander senkrechten Richtungen angeordnet, welche Schwankungsrichtungen zur optischen Achse ebenfalls senkrecht sind, wozu die größere Grundfläche des Pyramidenstumpfes mit dem Antriebsglied eines Vibrationserzeugers 9 gekoppelt ist. Der Pyramidenstumpf des Lichtleiters 11 ist aus einem für die Laserstrahlung durchlässigen Werkstoff, beispielsweise aus Magnesiumfluorid, als ein Vollstück (massiv) ausgeführt, während die Außenoberflächen des Pyramidenstumpfes auf eine erhöhte optische Güte poliert sind.

Die erfindungsgemäße Einrichtung in ihrer in den Fig. 1, 2 wiedergegebenen Ausführungsvariante arbeitet wie folgt.

Das aus dem Laserstrahler 1 austretende Strahlungsbündel 12 tritt durch die rechteckige Blende 2 mit einstellbaren Abmessungen der Höhe (a) und der Breite (b) hindurch. Die Blende 2 schneidet dabei aus dem gesamten Strahlungsbündel 12 nur den gewünschten Strahlenteil als Strahlenteilbündel 13 heraus. Im weiteren tritt das Strahlenteilbündel 13 durch die Linse 4 zur Veränderung seines Querschnitts und seiner Winkelapertur hindurch. Nach dem Durchtritt durch die Linse 4 wird das Strahlenteilbündel 13 in zwei Fokalebene mit dem Abstand f_1 und f_2 fokussiert. Hinter der Linse 4 weist das Strahlenteilbündel 13 noch einen veränderlichen Rechteckquerschnitt auf, dessen Abmessungen mit dem Abstand S der Ebene der Linse von der Beobachtungsebene H zusammenhängen. Die Höhe a' des Rechteckquerschnitts des Strahlenteilbündels 13 in einem Abstand $S > f_1$ und die Breite b' desselben Rechteckquerschnitts des Strahlenteilbündels 13 in einem Abstand $S > f_2$ ergeben sich aus den Beziehungen:

$$a' = (S - f_1) \cdot a / f_1$$

und

$$b' = (S - f_2) \cdot b / f_2.$$

Bei der gegebenen Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Einrichtung ist $a' = b' = c$. In diesem Zusammenhang treffen die Randstrahlen des in den Lichtleiter 5 eintretenden Strahlenteilbündels 13 in der Beobachtungsebene H mit dem Abstand $S = f_1(c/a + 1) = f_2(c/b + 1)$ die Wandung des Spiegellichtleiters 5 mit dem Querschnitt $C \times C$ auf, dessen Austrittsstirnende sich in einer von der Beobachtungsebene H in einem Abstand l als Länge der Arbeitsstrecke des Spiegellichtleiters 5 entfernten Ebene P befindet.

Unter der Bedingung $l = n(S - f_1) = m(S - f_2)$, in der $n, m = 2, 4, 6 \dots$ alle geraden Zahlen sein können, teilt sich das in den Lichtleiter 5 eintretende Strahlenteilbündel 13 zu einem System aus $(n+1) \cdot (m+1)$ Elementarbündeln ein, die eine verschiedene Anzahl von Reflexionen an der Wandung des Lichtleiters 5 erfahren.

Jedes dieser Elementarbündel füllt dabei das ganze Austrittsstirnende des Lichtleiters 5 aus.

Ein Beispiel dieser Einteilung des eintretenden Strahlenteilbündels 13 in 35 Elementarbündel zeigt Fig. 5, in der $n=6, m=4$ und die Linien 14 die Grenzen der gleichen Intensität des Strahlungsbündels 12 am Austritt aus dem Laserstrahler 1 wiedergeben, während die Linien 15 die Grenzen des Strahlenteilbündels 13 nach dessen Durchtritt durch die Blende 2 andeuten und die gestrichelten Linien 16 35 Teilbereiche des Strahlenteilbündels 13 abteilen, von denen jeder auf das Austrittsstirnende des Lichtleiters 5 in der Ebene P unter vollkommener Ausfüllung desselben projiziert wird.

Die Verteilung der Strahlungsenergiedichte in der Ebene P des Austrittsstirnes des Lichtleiters 5 stellt somit ein Interferenzbild dar, das durch die Interferenz $(n+1) \cdot (m+1)$ Elementarbündel der Laserstrahlung entsteht.

Die Strahlungsenergieintensität \bar{E}^2 in einem Punkt mit den Koordinaten (X, Y) an dem Austrittsstirne des Lichtleiters 5 ergibt sich somit als

$$\bar{E}^2 = \bar{E}_1^2 + \bar{E}_2^2 + \dots + \bar{E}_{(n+1)(m+1)}^2 + \sum_{ij}^{i,j} \bar{E}_i \cdot \bar{E}_j,$$

wo E_1, E_2, \dots die Strahlungsenergieintensität der jeweiligen Wellen in dem Punkt (X, Y)

$$\sum_{ij}^{i,j} \bar{E}_i \cdot \bar{E}_j$$

die Interferenzglieder sind, jedes von denen $\cos \delta_{ij}$ proportional ist, wobei

$$\delta_{ij} = 2 \pi / \lambda \cdot \Delta_{ij},$$

Δ_{ij} die optische Differenz des Wellenganges der Welle i und j und λ die Strahlungswellenlänge bedeuten.

Nach der Mittelung der Verteilung der Intensität über die Periode t des Interferenzbildes ergibt sich

$$\bar{E}^2 = \bar{E}_1^2 + \bar{E}_2^2 + \dots + \bar{E}_{(m+1)(n+1)}^2,$$

da $\cos \delta_{ij} = 0$.

Dadurch stellt die Verteilung der Strahlungsenergiedichte am Austritt aus dem Lichtleiter 5 nach der durchgeführten Mittelung über die Periode t des Interferenzbildes die Summe der Verteilungen von $(n+1)(m+1)$ Elementarbündeln dar, wodurch der Ausgleich der Energiedichteverteilungen am Austritt erfolgt. Beispielsweise wird bei der zufälligen Einteilung des austretenden Strahlenbündels 13 in $(n+1) \cdot (m+1)$ gleiche Elementarbündel die mittlere quadratische Abweichung der Energiedichte um das $\sqrt{(n+1)(m+1)}$ -fache herabgesetzt.

Es ist nun die Periode des Interferenzbildes abzuschätzen.

Der Vereinfachung halber sei die Interferenz zweier Strahlenbündel eines Bündels, das durch die Einrichtung ohne Rückstrahlung an der Lichtleiterwandung durchgegangen ist, und eines anderen Strahlenbündels mit einmaliger Reflexion in dem Hohlkörperlichtleiter betrachtet. Der Abstand zwischen den benachbarten Höchstwerten der Energieintensität, d. h. die Periode t erreicht etwa

$$t \approx \frac{[l + (S - f_1)] \lambda}{C}$$

Für $l \approx 30$ mm mit $(S - f_1) \approx 50$ mm, $C \approx 7$ mm und $\lambda \approx 0,2$ μ m erreicht die Periode $t < 10$ μ m. In der Wirklichkeit wird der Abstand zwischen den benachbarten Höchst- bzw. Kleinstwerten der Energieintensität infolge der stattfindenden Interferenz einer größeren Anzahl von Strahlenbündeln mit erweiterter Zusammensetzung der unterschiedlichen Strahlenbahnen wesentlich kleiner als die erwähnte Größe. Eine genaue Berechnung des Interferenzbildes ist äußerst schwer durchzuführen, weshalb der vorher errechnete Wert $t \approx 10$ μ m als eine obere Abschätzung des Maßstabes der Interferenzungleichmäßigkeiten in der Verteilung der Energieintensität am Austritt aus dem Lichtleiter anzusehen ist. Eine jeweilige Mittelung mit der kleineren Periode t verläuft bei der ophthalmologischen Operation selbsttätig, solange während der aus ≈ 500 bis 1000 Strahlungsimpulsen des Laserstrahlers 1 bestehenden Operation eine vollkommene Verschleierung des Interferenzbildes infolge der zufälligen, durch die eigenen, außer Kontrolle des Arztes und des Patienten selbst stattfindenden Schwingungen des Auges mit den Frequenzen bis 300 Hz, durch Augentremor bedingten Bewegungen des Auges, infolge des Herzklopfens, der Atmung, infolge der Vibrationen der Einrichtung selbst usw. auftritt.

Unabhängig von diesen Faktoren kommt am Austrittsende des Lichtleiters 5 eine vollkommene Mittelung des Interferenzbildes infolge der Schwingungen der Zusatzlinse 4 in zwei einander senkrechten Richtungen zustande.

Für die obengenannten Betriebswerte der Ausgleichseinheit 3 bewirken die Schwankungen der Zusatzlinse 4 mit einer Amplitude von wenigstens 10 bis 20 μ m eine vollkommene Mittelung der den hintereinanderfolgenden Strahlungsimpulsen entsprechenden Interferenzbilder und darüber hinaus eine Verschleierung der starken Zacken in der Intensität der Strahlung des Laserstrahlers 1 ("hot spots").

Fig. 6, 7 veranschaulichen die Wirkungsweise der Ausgleichseinheit 3, wobei die Fig. 6 die Verteilung der Strahlungsenergiedichte des Laserstrahlers über den Querschnitt des Strahlenbündels 12 in der Meridionalebene und die Fig. 7 dieselbe an dem Austritt aus dem Lichtleiter 5 in der Ebene P wiedergibt.

Das an dem Stirnende aus dem Lichtleiter 5 austretende Strahlenbündel tritt durch den Former 6 der vorausbestimmten Verteilung der Strahlungsenergiedichte über den Querschnitt hindurch, in welchem die in der Ebene P gleichmäßige Strahlungsenergiedichte im Strahlenbündel nach einem für die Durchführung der bevor-

stehenden Operation geeigneten Gesetz verformt wird. Anstelle des genannten Formers 6 kann eine runde Blende veränderlichen Querschnitts, eine drehende Scheibe mit einem Schlitz vorgegebener Gestalt oder eine optische Zelle mit über den Querschnitt veränderlicher Absorption der Strahlung aus dem Laserstrahler 1 ausgenutzt werden. Ferner wird das Strahlenbündel 17 nach seinem Durchtritt durch die Projektionslinse 7 auf die Hornhaut 8 des zu operierenden Auges projiziert. Die Projektionslinse 7 ist so angeordnet, daß auf der Hornhaut 8 eine Abbildung der Ebene Perzeugt wird.

Die in den Fig. 3, 4 dargestellte Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Einrichtung arbeitet analog der in den Fig. 1, 2 wiedergegebenen Ausführungsvariante mit dem Unterschied aber, daß das Strahlenbündel 13 nach seinem Durchtritt durch die Blende 2 unmittelbar auf den Eingang des Lichtleiters 11 fällt.

Im weiteren tritt das Strahlenbündel 13 durch den Lichtleiter 11 hindurch, der die Form eines Pyramidenstumpfes mit der Eintrittsstirnfläche der Abmessungen $a' \times b'$, wobei $a' \geq a$ und $b' \geq b$ sind, und der Austrittsstirnfläche der Abmessungen $a'' \times b''$ aufweist, wobei $a'' < a'$ und $b'' < b'$ sind, während insbesondere $a'' = b''$ und $a' = b'$ sein kann.

Das mittlere Strahlenteilbündel aus dem in den Lichtleiter 11 eintretenden Strahlenbündel 13 gelangt durch den Lichtleiter ohne Reflexion hindurch, während die anderen, am Umfang verteilten Teile des Strahlenbündels 13 1, 2, 3 ... p Reflexionen in einer Ebene und 1, 2, 3 ... q Reflexionen in der zur ersteren senkrechten Ebene unterliegen. Dadurch treten durch die Austrittsstirnfläche des Lichtleiters 11 $(2p+1) \cdot (2q+1)$ Strahlenbündel hindurch, von denen jedes die Austrittsstirnfläche vollkommen ausfüllt, was den Ausgleich der Verteilung der Strahlungsenergiedichte bewirkt. Die Winkelaperturen (α_1, α_2) der aus dem Lichtleiter 11 (Pyramide) austretenden Laserstrahlung ergeben sich in der Meridional- und Sagittalebene entsprechenderweise aus

$$\alpha_1 = 2p\beta_1 \text{ und } \alpha_2 = 2q\beta_2,$$

wo β_1, β_2 Winkel an der Pyramidenspitze in der Meridional- bzw. Sagittalebene bedeuten.

Die Länge l des Lichtleiters 11 soll den Bedingungen gleichzeitig entsprechen:

$$l \geq \frac{a' - a''}{2 \operatorname{tg} \alpha_1/2} \text{ und } l \geq \frac{b' - b''}{2 \operatorname{tg} \alpha_2/2}$$

Infolge der Winkelverschwenkungen der größeren Grundfläche des Pyramidenstumpfes in zwei zueinander senkrechten Richtungen um den Mittelpunkt "O" kommt eine gewisse Neuverlegung des Eingangsstrahlenbündels bei jedem Strahlungsimpuls in $(2p+1) \cdot (2q+1)$ Teilbündel zustande, welche einen zusätzlichen Ausgleich der Strahlungsenergiedichte in der Zeit bewirkt.

Die Verteilung der Energieintensität an dem Austrittsstirnende des Pyramidenstumpfes stellt ein Ergebnis der Interferenz von $(2p+1) \cdot (2q+1)$ Lichtstrahlenbündeln dar.

Zwecks Abschätzung der Periode des jeweiligen Interferenzbildes wird die Interferenz eines durch den Lichtleiter ohne Reflexionen an der Lichtleiterwandung durchgegangenen Strahlenteilbündels und eines an der kegeligen Lichtleiterwandung mit dem Erweiterungswinkel β einmal reflektierten Strahlenteilbündels betrachtet.

Dabei ergibt sich der Abstand zwischen den benachbarten Höchst- bzw. Kleinstwerten der Energieintensität als Periode $t = \lambda/2 \sin 2\alpha$. Für die typischen Werte $\beta \approx 0,02$ bis $0,04$ und $\lambda = 193 \text{ nm}$ erreicht $t = 0,02$ bis $0,04/2$, $0,04 \leq 5 \text{ m}$.

Wie auch im Falle der in den Fig. 1, 2 wiedergegebenen Ausführungsvariante ist der Maßstab der Inhomogenitäten in dieser Größenordnung völlig unwesentlich für die Durchführung der ophthalmochirurgischen Operationen.

Eine Winkelverschwenkung der größeren Grundfläche des Pyramidenstumpfes um den Mittelpunkt "O" um einen kleinen Winkel γ der Größenordnung $0,01 \text{ rad}$ ruft eine lineare Verstellung des Randes der Austrittsstirnfläche um die Größe $\Delta(a'')$ hervor, die sich aus der Beziehung ergibt:

$$\Delta(a'') = a''/\cos \gamma - a'' \approx a'' \cdot \gamma^2/2,$$

in der a'' die Größe der Austrittsstirnfläche bedeutet. Für $a'' = 7 \text{ mm}$ erreicht

$$\Delta(a'') \approx 7 \cdot 10^{-4}/2 = 0,3 \mu\text{m}.$$

Die Größe ist für die Durchführung der Operation unwesentlich.

Es ist auch nicht so schwer zu zeigen, daß diese Verschwenkungen der Austrittsstirnfläche des Lichtleiters von einer vollkommenen Verschleierung der Einwirkung der Interferenzbilder bei den hintereinander angreifenden Strahlungsimpulsen begleitet werden und, was vielmehr wesentlich ist, eine Verschleierung der Einwirkung der makroskopischen Ungleichmäßigkeiten des eintretenden Laserstrahlenbündels auftritt.

Patentansprüche

- Einrichtung zur chirurgischen Behandlung der Ametropie mit, hintereinander auf einer optischen Achse angeordnet,
einem Impulslaserstrahler (1) des Ultraviolettbereiches,
einer Ausgleichseinheit (3) zum Ausgleichen der Verteilung der Strahlungsenergiedichte des Laserstrahlers über den Querschnitt seines Strahlenbündels,

einem Former (6) der gewünschten Verteilung der Strahlungsenergiedichte des Laserstrahlers über den Querschnitt des Strahlenbündels und

einer Projektionslinse (7), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgleichseinheit (3) der Verteilung der Strahlungsenergiedichte in Form eines Lichtleiters (5) mit Rechteckquerschnitt ausgeführt ist.

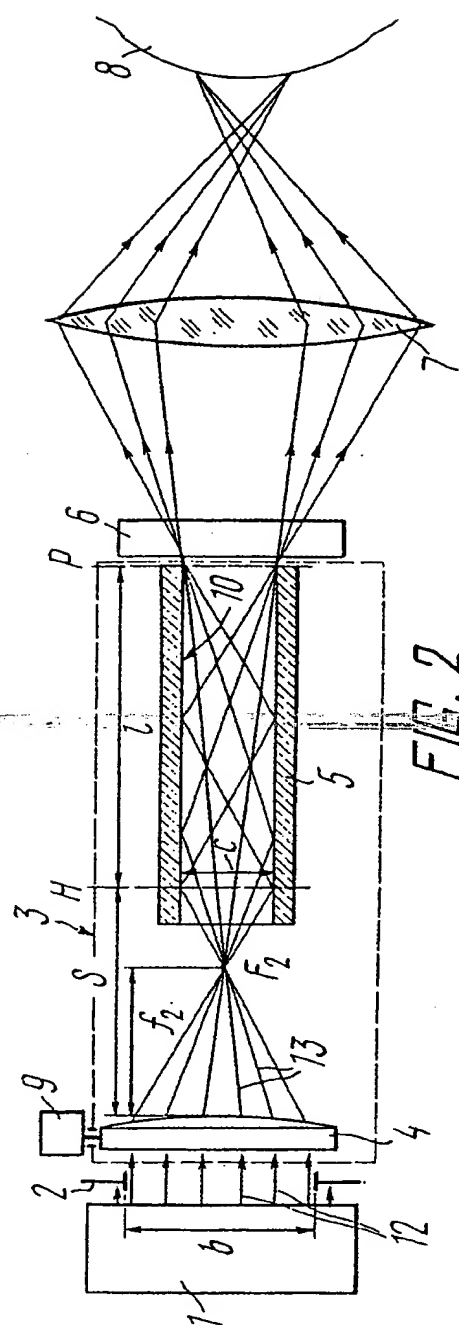
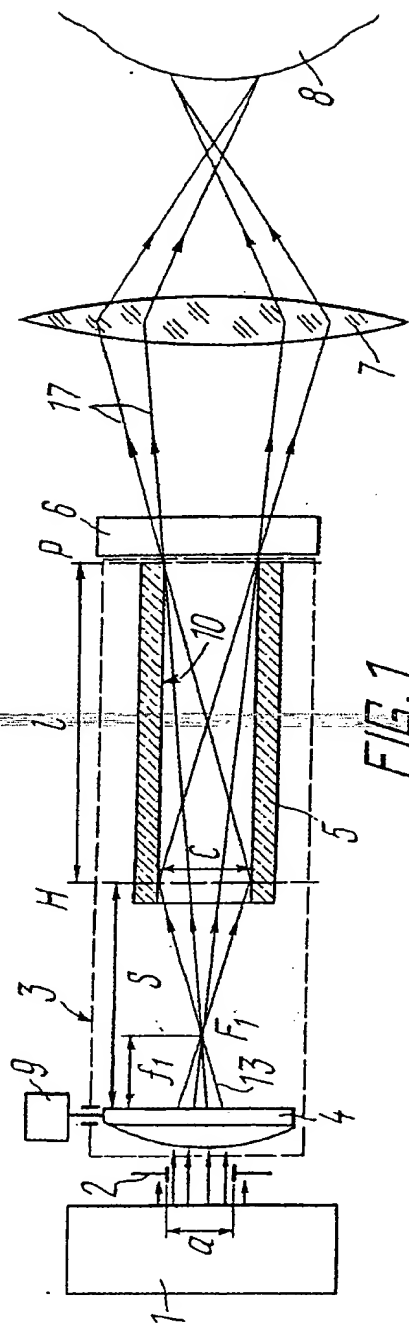
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (5) die Form eines Parallelepipeds mit Quadratquerschnitt aufweist und vor ihm im Wege der Laserstrahlung eine Zusatzlinse (4) angeordnet ist, die die Abmessungen des aus dem Laserstrahler (1) austretenden Strahlenbündels mit denen des Eintritts des Lichtleiters (5) in Übereinstimmung bringt.

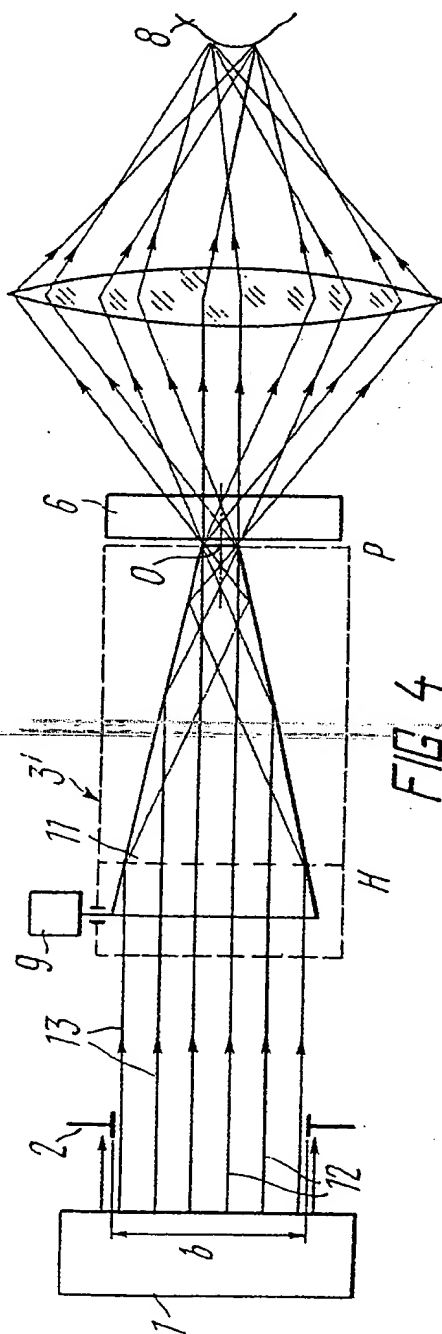
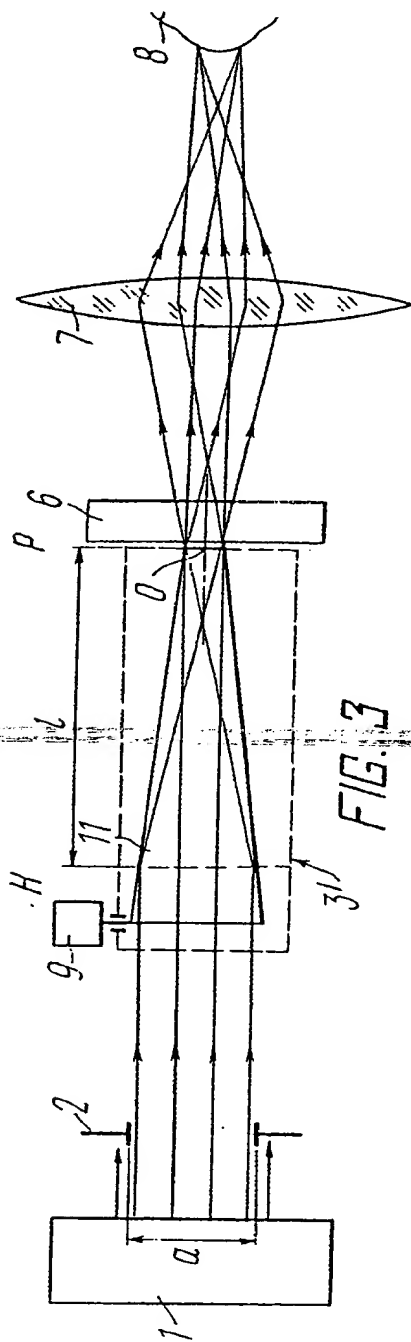
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzlinse (4) unter Ermöglichung von Schwingungen in bezug auf die optische Achse in einer zu dieser optischen Achse senkrechten Ebene angeordnet ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (11) in Form eines Pyramidenstumpfes ausgeführt ist, der mit seiner größeren Grundfläche dem Laserstrahler (1) zugekehrt ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Pyramidenstumpf unter Ermöglichung von Schwingungen um den geometrischen Mittelpunkt (O) seiner kleineren Grundfläche in zwei zueinander und zur optischen Achse senkrechten Richtungen angeordnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen





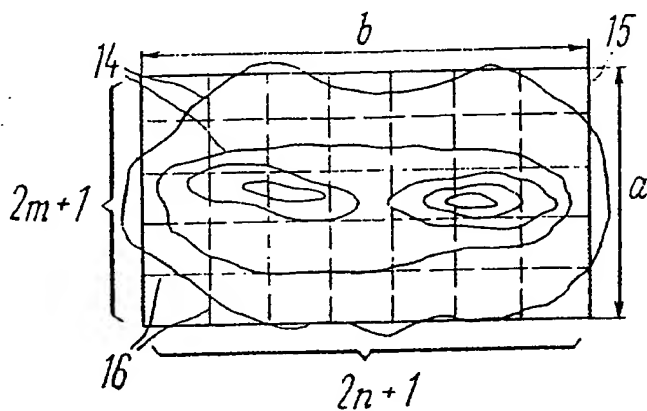


FIG. 5

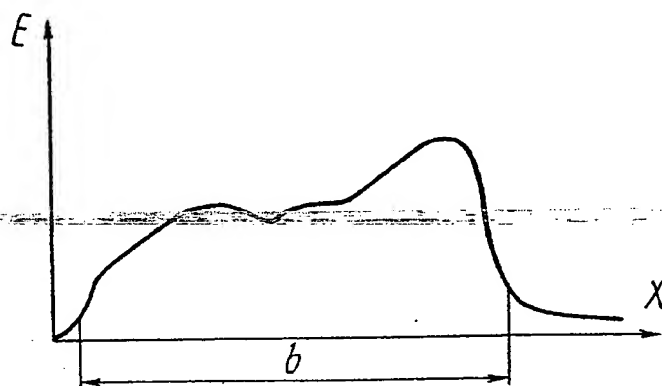


FIG. 6

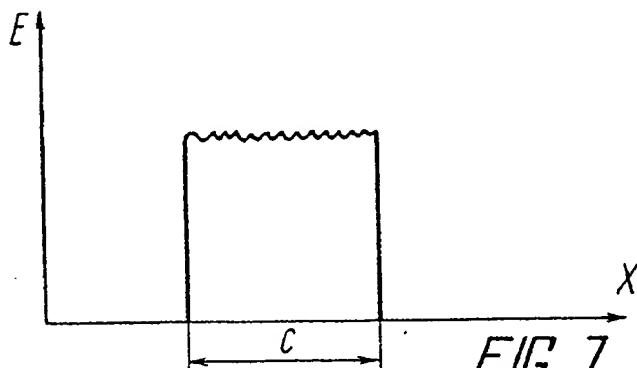


FIG 7